

DIALOG(R) File 351:Derwent WPI  
(c) 2006 Thomson Derwent. All rts. reserv.

012451085 \*\*Image available\*\*

WPI Acc No: 1999-257193/199922

Related WPI Acc No: 1999-407580

XRPX Acc No: N99-191669

**Current-regulation stage fault-monitoring system**

Patent Assignee: BOSCH GMBH ROBERT (BOSC )

Inventor: HACHMEISTER M; JUELIGER P; SAUTTER M; SCHNEIDER C; HOCK A;  
REINEKE J

Number of Countries: 004 Number of Patents: 005

Patent Family:

Patent No	Kind	Date	Applicat No	Kind	Date	Week
GB 2331414	A	19990519	GB 9824419	A	19981106	199922 B
DE 19851732	A1	19990520	DE 1051732	A	19981110	199926
FR 2774825	A1	19990813	FR 991435	A	19990208	199939
JP 11327666	A	19991126	JP 98320699	A	19981111	200007
GB 2331414	B	20000510	GB 9824419	A	19981106	200026

Priority Applications (No Type Date): DE 1039667 A 19980901; DE 1049993 A 19971112; DE 1005240 A 19980210

Patent Details:

Patent No	Kind	Lan	Pg	Main IPC	Filing Notes
JP 11327666	A	8		G05F-001/10	
GB 2331414	A			G01R-031/00	
GB 2331414	B			G01R-031/00	
DE 19851732	A1			G01R-031/00	
FR 2774825	A1			H02N-002/06	

Abstract (Basic): GB 2331414 A

NOVELTY - The loads (L) of each stage,  $r$ , of a system with  $n$  current-regulating stages (100, 101, 109), with associated target current values  $Ir$ , are flowed through by currents set by keying ratios  $nr$ . A reference value  $VR$  is computed as the sum of all  $nr$  values divided by the sum of all  $Ir$  values. For each stage, a normalized keying ratio,  $VP$  is formed as  $nr/Ir$ . If  $VP$  differs from  $VR$  by more than a preset value, a fault is indicated.

USE - For monitoring current regulation stages, especially in transmission control, but may also be applied to other load systems, e.g. electromagnetic valves controlling fuel feed to internal combustion engine or flow of hydraulic fluid, especially in ABS, ASR or FGR systems.

ADVANTAGE - Test sensitivity is improved as influences of operating voltage, operating temperature of the individual components and absolute impedance of the load circuit are eliminated. Faults that may be detected with high sensitivity include impermissible current regulation deviations or changes in the load circuit impedance due to component fault or aging.

DESCRIPTION OF DRAWING(S) - The drawing shows a diagram of a system with 1 current regulation stages.

Current regulation stages (100, 101, 109)

Load (L)

Micro-controller (110)

Technology Focus:

TECHNOLOGY FOCUS - COMPUTING AND CONTROL - A microprocessor is used to control the regulation stages and determine the  $VR$  and  $VP$  values.

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

Title Terms: CURRENT; REGULATE; STAGE; FAULT; MONITOR; SYSTEM

Derwent Class: S01; U24; X12

International Patent Class (Main): G01R-031/00; G05F-001/10; H02N-002/06

International Patent Class (Additional): G01R-019/165; H02M-001/00

File Segment: EPI

Manual Codes (EPI/S-X): S01-G

?

THIS PAGE BLANK (USPTO)

(19) BUNDESREPUBLIK

DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

(20) **Offenlegungsschrift**  
(10) **DE 198 51 732 A 1**

(51) Int. Cl. 6:

**G 01 R 31/00**

G 05 F 1/10

G 01 R 19/165

(21) Aktenzeichen: 198 51 732.7  
(22) Anmeldetag: 10. 11. 98  
(23) Offenlegungstag: 20. 5. 99

(66) Innere Priorität:

197 49 993. 7 12. 11. 97  
198 39 667. 8 01. 09. 98

(71) Anmelder:

Robert Bosch GmbH, 70469 Stuttgart, DE

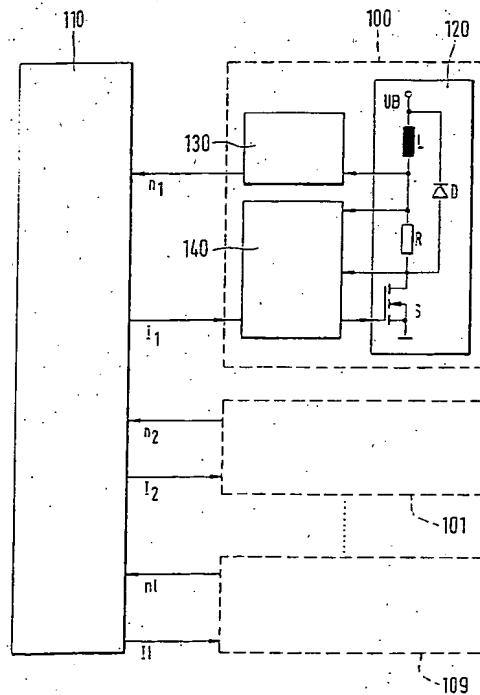
(72) Erfinder:

Jueliger, Peter, 76761 Rülzheim, DE; Schneider, Claus, 70771 Leinfelden-Echterdingen, DE; Hachmeister, Marcel, 70825 Korntal-Münchingen, DE; Sautter, Michael, 71282 Hemmingen, DE

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

(54) Verfahren und Vorrichtung zur Überwachung wenigstens einer Stromregelstufe

(57) Es werden ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Überwachung wenigstens einer Stromregelstufe für elektrische Verbraucher, die wenigstens ein Schaltmittel und einen Stromregler umfaßt, beschrieben. Der Verbraucher wird jeweils von einem durch ein Tastverhältnis bestimmten Strom durchflossen. Der Strom ist von dem Stromregler auf einen Sollwert einregelbar. Zur Überwachung der Stromregelstufen wird das Verhältnis zwischen dem Tastverhältnis und dem Sollwert der zu überwachenden Stromregelstufe gebildet und mit einem Vergleichswert verglichen.



## Beschreibung

## Stand der Technik

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Überwachung wenigstens einer Stromregelstufe für elektrische Verbraucher.

Ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Überwachung wenigstens einer Stromregelstufe sind aus der DE-40 12 109 (US 5 31 138) bekannt. Dort werden ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Überwachung einer Endstufe beschrieben. Der Verbraucher wird von einem getakteten Strom mit einem vorgebbaren Tastverhältnis durchflossen. Zur Fehlerüberwachung wird das Ansteuersignal und die am Verbindungspunkt zwischen Endstufe und Verbraucher anliegende Spannung ausgewertet.

Des weiteren sind Verfahren und Vorrichtung zur Überwachung von Endstufen bekannt, bei denen eine Stromauswertung erfolgt.

Die Festlegung der Schwellwerte, bei denen auf Fehler erkannt wird, ist problematisch, da der Strom, der durch den Verbraucher fließt, von verschiedenen Parametern abhängt. Solche Parameter sind insbesondere die Betriebsspannung, die Betriebstemperatur der einzelnen Komponenten, der Widerstand im Lastkreis und andere Einflüssen, wie beispielsweise der Kontaktwiderstand von Steckverbindungen, Kabelbaumwiderstand, Widerstand der Last, Meßwiderstand und Widerstand der Endstufe.

Werden diese Toleranzen nicht berücksichtigt, so wird die Überwachung sehr unsicher. Werden die Toleranzen berücksichtigt, so wird die Überwachung sehr aufwendig.

## Aufgabe der Erfindung

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, bei einem Verfahren und einer Vorrichtung zur Überwachung wenigstens einer Stromregelstufe ein einfaches und sicheres Verfahren zur Erkennung von Fehlern bereitzustellen. Diese Aufgabe wird durch die in den unabhängigen Ansprüchen gekennzeichneten Merkmale gelöst.

## Vorteile der Erfindung

Die Prüfgenauigkeit bei der Eigendiagnose von Stromregelstufen kann mit der erfindungsgemäßen Vorgehensweise wesentlich verbessert werden, wobei ein einfaches Verfahren und eine einfache Vorrichtung nötig ist.

Vorteilhafte und zweckmäßige Ausgestaltungen und Weiterbildungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen gekennzeichnet.

## Zeichnung

Die Erfindung wird nachstehend anhand der in der Zeichnung dargestellten Ausführungsformen erläutert. Es zeigen Fig. 1 ein Blockdiagramm der erfindungsgemäßen Vorrichtung und Fig. 2 ein Flußdiagramm zur Verdeutlichung der erfindungsgemäßen Vorgehensweise.

## Beschreibung der Ausführungsbeispiele

In Fig. 1 ist die erfindungsgemäße Vorrichtung anhand eines Blockdiagramms dargestellt. Die erfindungsgemäße Vorgehensweise ist am Beispiel von Stromregelstufen beschrieben, die bei der Getriebesteuerung eingesetzt werden. Die erfindungsgemäße Vorgehensweise ist aber nicht auf diese Anwendung beschränkt, sie kann auch bei anderen Stromregelstufen für Verbraucher eingesetzt werden. So

können solche Stromregelstufen beispielsweise auch bei Magnetventilen eingesetzt werden, mit denen die Kraftstoffzufuhr in eine Brennkraftmaschine und/oder der Fluß einer Hydraulikflüssigkeit, insbesondere bei ABS, ASR oder FGR-Systemen, geregelt wird. Die erfindungsgemäße Vorgehensweise ist einsetzbar, wenn wenigstens zwei gleiche oder ähnliche Stromregelstufen vorhanden sind.

In dem dargestellten Ausführungsbeispiel sind drei Stromregelstufen dargestellt. Mit 100 ist eine erste Stromregelstufe, mit 101 eine zweite und mit 109 eine dritte Stromregelstufe bezeichnet. Mit einer punktierten Linie ist ange deutet, daß eine beliebige Anzahl von Stromregelstufen vorgesehen sein können. Des weiteren ist ein Mikrocontroller 110 vorgesehen, der die erste Stromregelstufe mit einem ersten Sollwert I1, die zweite Stromregelstufe mit einem zweiten Sollwert I2 und die dritte Stromregelstufe 109 mit einem dritten Sollwert I3 beaufschlagt. Des weiteren gelangt ein Signal n1 von der ersten Stromregelstufe, ein Signal n2 von der zweiten Stromregelstufe 101 und ein drittes Signal n3 von der dritten Stromregelstufe 109 zu dem Mikrocontroller 110.

Die wesentlichen Elemente der Stromregelstufe sind bei der ersten Stromregelstufe 100 detaillierter dargestellt. Die weiteren Stromregelstufen sind entsprechend aufgebaut. Die Stromregelstufe umfaßt einen Lastkreis 120, eine Signalaufbereitung 130 und einen Stromregler 140.

Der Lastkreis umfaßt eine Last L, die mit einem Anschluß mit der Versorgungsspannung UB verbunden ist. Der zweite Anschluß der Last L steht mit einem ersten Anschluß eines Meßwiderstandes R in Verbindung. Der zweite Anschluß des Meßwiderstands R steht mit einem Schaltmittel S in Verbindung dessen zweiter Anschluß mit Masse in Kontakt steht.

Die Last L, der Meßwiderstand R und das Schaltmittel S sind in Reihe geschaltet. Die Reihenfolge der Elemente ist in dem Ausführungsbeispiel nur beispielhaft gewählt. An dem ersten Anschluß des Schaltmittels S ist die Anode einer Diode D angeschlossen, deren Kathode an Versorgungsspannung angeschlossen ist.

Der zweite Anschluß der Last L steht mit der Signalaufbereitung 130 in Verbindung. Die beiden Anschlüsse des Meßwiderstandes R stehen mit der Stromregelung 140 in Verbindung. Die Stromregelung 140 beaufschlagt einen Steueranschluß des Schaltmittels S mit Ansteuersignalen. Der Sollwert I1 des Mikrocontrollers gelangt zu dem Stromregler 140. Das Signal n1, das vom Mikrocontroller verarbeitet wird, wird von der Signalaufbereitung 130 bereitgestellt.

Diese Einrichtung arbeitet wie folgt. Der Mikrocontroller 110 gibt einen Sollwert I1 für den Stromregler 140 vor. Ausgehend von dem Spannungsabfall am Meßwiderstand R bestimmt der Stromregler 140 den Istwert für den Strom, der durch die Last L fließt. Ausgehend von dem Vergleich zwischen diesem Istwert und dem Sollwert I1 bestimmt der Regler 140 ein Ansteuersignal zur Beaufschlagung des Schaltmittels S. Hierbei erfolgt bevorzugt eine getaktete Ansteuerung.

Dies bedeutet, daß das Schaltmittel mit einem getakteten Signal mit einem bestimmten Tastverhältnis beaufschlagt wird. Das Tastverhältnis hängt dabei von dem Vergleich zwischen dem Soll- und dem Istwert für den Strom ab.

Abhängig von dem Tastverhältnis, mit dem das Schaltmittel S beaufschlagt wird, fließt durch die Last ein entsprechender Strom.

Als Tastverhältnis wird das Verhältnis zwischen der Zeitdauer, in der das Schaltmittel S geschlossen ist und der gesamten Ansteuerdauer bezeichnet. Es kann aber auch eine andere entsprechende Größe als Tastverhältnis verwendet

werden. So kann beispielsweise das Verhältnis zwischen der Zeitdauer, in der das Schaltmittel S geschlossen ist, und der Zeitdauer, in der das Schaltmittel S geöffnet ist, verwendet werden.

Die Signalauswertung 140 wertet die am zweiten Anschluß der Last L anliegende Spannung aus und bestimmt ausgehend von diesem Signal das Tastverhältnis n1 der Endstufe. Dieses Tastverhältnis wird als Ausgangstastverhältnis n1 der Endstufe bezeichnet.

Dieses Tastverhältnis n1 gibt die Signalaufbereitung 130 an den Mikrocontroller 110 als Signal n1 weiter. Entsprechendes gilt auch für die weiteren Stromregelstufen 101 bis 109.

Ausgehend von dem Ausgangstastverhältnis n1 kann vom Mikrocontroller 110 auf den Istwert des fließenden Stromes in der Last L geschlossen werden. Die Genauigkeit mit der dies erfolgt hängt von verschiedenen Parametern, wie beispielsweise der Betriebsspannung, der Betriebstemperatur der einzelnen Komponenten, sowie des ohmschen Widerstandes des gesamten Lastkreises ab.

Bei einer ersten Ausführungsform wird zur Fehlerüberwachung das Verhältnis zwischen dem Ausgangstastverhältnis n1 und dem Sollwert I1 für den Strom herangezogen. Aufgrund der großen Toleranzen des Ausgangstastverhältnisses ist diese Fehlererkennung problematisch. Erfindungsgemäß ist vorgesehen, daß zur Erhöhung der Prüfgenauigkeit bei der Eigendiagnose von getakteten Stromregelstufen die Spannungseinflüsse, Temperatureinflüsse und Widerstandseinflüsse mittels einer Relativbewertung über mehrere Stromregelstufen eliminiert werden.

Erfindungsgemäß wird zur Überwachung einer Stromregelstufe das Verhältnis zwischen dem Sollwert I1 und dem Ausgangstastverhältnis n1, der zu überwachenden Stromregelstufe mit einem vorgegebenen Vergleichswert VR verglichen. Dieser Vergleichswert VR wird ausgehend von den Sollwerten und Tastverhältnissen der übrigen Stromregelstufen gebildet. Vorzugsweise erfolgt eine Mittelwertbildung über alle Stromregelstufen. Alternativ kann auch das Tastverhältnis des Ansteuersignals für das Schaltmittel S verwendet werden.

Dabei ist vorteilhaft, daß die Prüfgenauigkeit erhöht wird, daß lediglich bereits vorhandene Signale und Informationen auszuwerten sind und daß dadurch kein erhöhter Aufwand durch zusätzliche Komponenten entsteht.

Erfindungsgemäß berechnet der Mikrocontroller die relative Größe nr/Ir nach der folgenden Formel aus den gemessenen Ausgangstastverhältnissen nk und den Stromsollwerten Ik, die als Vergleichswert VR für das normierte Ausgangstastverhältnis np/Ip der zu prüfenden Stromregelstufe dient:

$$VR = \frac{nr}{Ir} = \frac{\sum_{k=1}^1 nk}{\sum_{k=1}^1 Ik}$$

Dies bedeutet der Referenzwert VR wird aus dem Verhältnis aus der Summe der Ausgangstastverhältnisse n1 bis n1 aller Stromregelstufen und der Summe der Stromsollwerte I1 bis I1 aller Stromregelstufen berechnet.

Alternativ kann auch vorgesehen sein, daß bei der Bestimmung des Referenzwertes VR der Stromsollwert Ip und das Tastverhältnis np nicht in die Berechnung eingehen. In diesem Fall wird die folgende Formel verwendet:

$$5 \quad VR = \frac{nr}{Ir} = \frac{(\sum_{k=1}^1 nk) - np}{(\sum_{k=1}^1 Ik) - Ip}$$

10 Dies bedeutet der Referenzwert VR wird aus dem Verhältnis aus der Summe der Ausgangstastverhältnisse n1 bis n1 aller Stromregelstufen und der Summe der Stromsollwerte I1 bis I1 aller Stromregelstufen mit Ausnahme der Werte der zu prüfenden Stromregelstufe berechnet.

Mit diesem Referenzwert wird das normierte Ausgangstastverhältnis VP=np/Ip der zu prüfenden Stromregelstufe verglichen. Weicht die Größe np/Ip um mehr als eine zulässige Toleranz ε von dem Referenzwert VR ab, so wird auf Fehler erkannt. In diesem Fall ergreift der Mikrocontroller entsprechende Maßnahmen, um das System in einen sicheren Zustand zu bringen.

25 Mit dieser Toleranz ε kann klein und damit die Prüfempfindlichkeit hoch gehalten werden. Die Einflußgrößen Betriebsspannung, Betriebstemperatur der einzelnen Komponenten und Absolutwiderstand im Lastkreis können durch diese Vorgehensweise eliminiert werden. Fehler, die mit dieser Vorgehensweise mit hoher Empfindlichkeit detektiert werden können, sind beispielsweise unzulässige Stromregelabweichungen oder Veränderungen des Lastkreiswiderstandes aufgrund von Bauteilefehlern oder Alterung.

30 Eine Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorgehensweise ist in Fig. 2 beispielhaft anhand eines Flußdiagrammes dargestellt.

In einem ersten Schritt 200 wird ein Zähler k auf 1 gesetzt. Anschließend in Schritt 210 wird der Wert nk für die k-te Stromregelstufe erfaßt. Anschließend in Schritt 220 wird der Sollwert Ik für die k-te Stromregelstufe erfaßt. In Schritt 230 wird der Zähler k um 1 erhöht.

35 Die anschließende Abfrage 240 überprüft ob der Wert k ≥ 1 ist. Die Zahl 1 entspricht der Anzahl der zu überwachenden Stromregelstufen. Ist der Wert k nicht ≥ 1, d. h. es sind noch nicht alle Werte nk und Ik für alle Stromregelstufen erfaßt, so setzt das Programm mit Schritt 210 fort. Sind alle Werte nk und Ik erfaßt, so folgt Schritt 250, indem der Zähler p auf 1 gesetzt wird. Im sich anschließenden Schritt 260 wird das Verhältnis VR gemäß einer der oben angegebenen Formeln berechnet.

40 Im anschließenden Schritt 265 wird der Wert Vp, das heißt das Verhältnis zwischen dem Ausgangstastverhältnis np und dem Stromsollwert Ip der zu überprüfenden p-ten Stromregelstufe bestimmt.

45 Die anschließende Abfrage 270 überprüft, ob der Betrag zwischen der Differenz zwischen VR und Vp kleiner als ein Schwellwert ε ist. Diese Abfrage überprüft, ob die Werte VR und Vp um weniger als ε voneinander abweichen. Ist dies der Fall, so wird in Schritt 280 der Zähler p um 1 erhöht. Die anschließende Abfrage 285 überprüft, ob der Zähler p ≥ 1 ist. Diese Abfrage überprüft, ob alle Stromregelstufen geprüft wurden. Ist dies nicht der Fall, so setzt das Programm mit Schritt 260 fort. Ist dies der Fall, so setzt das Programm mit Schritt 200 fort.

50 Erkennt die Abfrage 270, daß die Werte VR und Vp um mehr als ε voneinander abweichen, so wird in Schritt 290 auf Fehler erkannt.

55 Der Lastkreis besteht aus einer Reihenschaltung einer induktiven und ohm'schen Last R, einem Meßwiderstand R und einem Schaltmittel S. Bei einer Ansteuerung der Last mit einer rechteckförmigen Spannung U gilt für den sich sta-

tionär einstellenden Strom I die folgende Beziehung:

$$I = U \cdot n \cdot K/R$$

wobei es sich bei der Größe n um das Tastverhältnis der rechteckförmigen Spannung handelt. Dabei muß die Frequenz f der rechteckförmigen Spannung, die sich aus dem Tastverhältnisses n ergibt, gegenüber der Zeitkonstanten der Induktivität ausreichend groß sein. Bei dem Wert R handelt es sich um den Gesamtwiderstand des Lastkreises 120. Bei der Größe K handelt es sich um einen Korrekturfaktor, der Nichtlinearitäten berücksichtigt, die Abweichungen von der idealen Ansteuerung und den Einfluß nichtlinearer Bauteile, wie beispielsweise von der Induktivität L berücksichtigt.

Der Widerstand R umfaßt alle ohm'schen Anteile der gesamten Anordnung. Dies sind insbesondere der ohm'sche Anteil der Last L, der Meßwiderstand, die Kontaktwiderstände sowie weitere Widerstände. Diese Anteile sind toleranzbehaftet und in der Regel temperaturabhängig. Wenn die Temperatur bekannt ist, so kann diese berücksichtigt werden. Die Toleranzen der ohm'schen Anteile bestimmen im wesentlichen die Höhe der erkennbaren Stromabweichung. Dies bedeutet bei kleinen Toleranzen, das heißt bei kleinen Änderung abhängig von der Temperatur, können bereits bei kleinen Abweichungen auf Fehler erkannt werden.

Zur Überwachung des Lastkreises wird wie folgt vorgegangen. Ist das Tastverhältnis n und der Strom I bekannt, ergibt sich der Widerstand R gemäß der folgenden Formel:

$$R = U \cdot n \cdot K/I$$

Besonders vorteilhaft ist es wenn der Strom I nicht gemessen wird, sondern der Sollwert für den Strom verwendet wird, der in dem Steuergerät 110 als interne Größe vorliegt.

Ausgehend von der Abweichung zwischen dem Sollwiderstand RS und dem tatsächlich gemessenen Widerstand R wird auf Fehler geschlossen, wenn diese Abweichung einen Schwellwert AR überschreitet. Dies bedeutet es erfolgt eine Prüfung des Widerstandes mit Kenntnis des Stroms. Veränderungen des Lastkreises können so erkannt werden.

Diese Vorgehensweise ist in Fig. 3 als Flußdiagramm detailliert dargestellt. In einem ersten Schritt 300 wird das Tastverhältnis n, der aktuell fließende Strom I bzw. der Sollwert und die Spannung U erfaßt. Bei der Spannung U handelt es sich vorzugsweise um die Versorgungsspannung UB, die in dem Steuergerät 110 in der Regel vorliegt. Bei dem Strom I handelt es sich um den Sollwert I1, der von dem Steuergerät an die Stromregelstufe vorgegeben wird. Bei dem Tastverhältnis n handelt es sich um das Tastverhältnis, daß von der Signalaufbereitung 130 zurückgemeldet wird.

Im anschließenden Schritt 310 wird der aktuelle Widerstand R gemäß der obigen Formel bestimmt. Anschließend in Schritt 320 wird die Abweichung ΔR bestimmt. Hierbei handelt es sich um den Betrag der Differenz zwischen dem berechneten Widerstand R und dem Sollwiderstand RS. Dies bedeutet Verhältnis zwischen Tastverhältnis n und dem Strom I wird mit einem Vergleichswert verglichen.

Die sich anschließende Abfrage 330 überprüft, ob die Differenz AR größer als ein Schwellwert SW ist. Ist dies nicht der Fall beginnt das Programm erneut mit Schritt 300. Ist die Abweichung größer als der Schwellwert, so erkennt die Einrichtung in Schritt 340 auf Fehler.

Der Sollwiderstand RS ist üblicherweise von verschiedenen Randbedingungen, insbesondere von der Temperatur abhängig und daher nicht mit hoher Genauigkeit bekannt. Besonders vorteilhaft ist es daher, daß als Sollwiderstand ein Wert verwendet wird, der ausgehend von den Widerständen der übrigen Steller bestimmt wird, die den gleichen Randbe-

dingungen unterliegen.

Besonders vorteilhaft ist es, wenn mehrere Steller vorhanden sind und bei diesem alle in alle Widerstände erfaßt werden und ausgehend von diesen Werten ein Mittelwert gebildet wird. Vorzugsweise wird der Widerstand, der überprüft wird, bei der Mittelwertbildung nicht berücksichtigt. Dies bedeutet es erfolgt eine vergleichende Prüfung. Das heißt der Widerstandswert eines Verbrauchers wird mit den Widerstandswerten der übrigen Verbraucher verglichen.

In Fig. 4 ist anhand eines Flußdiagramms dargestellt, wie ein solcher Mittelwert bestimmt wird. In einem ersten Schritt 400 wird ein Zähler k auf 1 gesetzt. In Schritt 410 bestimmt die Einrichtung den Widerstand Rk des k-ten Stellers gemäß der folgenden Formel:

$$R_k = n_k \cdot U \cdot K/I_k$$

Hierbei wird mit Ik der Strom, der durch den k-ten Steller fließt, und mit nk das Tastverhältnis, mit dem der k-te Steller beaufschlagt wird, bezeichnet.

Anschließend in Schritt 420 wird der Zähler um den Wert 1 erhöht. Die Abfrage 430 überprüft, ob der Zähler k größer als der Wert L ist. Der Wert L gibt die Anzahl der Steller an. Ist dies nicht der Fall, so erfolgt erneut Schritt 410.

Ist der Zähler k größer als L, dies bedeutet die Werte Rk aller Steller sind bestimmt, so berechnet die Einrichtung in Schritt 440 den Sollwiderstand RS gemäß der folgenden Formel.

$$RS = \frac{\sum_{k=1}^L R_k}{L}$$

Besonders vorteilhaft ist es, wenn der Sollwiderstand RS gelernt und/oder adaptiert und ggf. nicht flüchtig abgespeichert wird. Besonders vorteilhaft ist es, wenn die Ermittlung des Sollwiderstandes RS nur beim vorliegen bestimmter Bedingungen erfolgt. Besonders vorteilhaft ist es, wenn die Ermittlung nur erfolgt, wenn die Spannung UB bestimmte Werte annimmt. Weiterhin erfolgt die Widerstandsermittlung, wenn der Strom I, der durch den Verbraucher fließt, zwischen einem unteren und einem oberen Schwellwert liegt. Des Weiteren ist vorteilhaft, die Ermittlung des Sollwiderstandes nur in bestimmten Temperaturbereich durchzuführen.

Dies bedeutet der Wert des Widerstandes wird mit einem Meßwert an einem ausgewählten Meßpunkt verglichen.

In Fig. 5 ist die Ermittlung des Sollwiderstandes RS anhand eines Flußdiagramms dargestellt. Das Programm startet bei vorliegen der bestimmten Bedingungen in Schritt 500. Im Anschluß an die Erfassung der Größen n, I und U im Schritt 510 berechnet die Einrichtung in Schritt 520 den Sollwiderstand RS gemäß der folgenden Formel:

$$RS = n \cdot U \cdot K/I$$

Im Anschluß an die Berechnung des Sollwiderstandes RS wird der Wert RS im Schritt 530 nicht flüchtig abgespeichert.

Eine besonders vorteilhafte Ausgestaltung ergibt sich, wenn die Widerstandswerte R bekannt, so kann der tatsächlich fließende Strom I gemäß der Formel:

$$I = n \cdot U \cdot K/R$$

berechnet werden. Aus der Abweichung zwischen dem

Strom I, der so berechnet wurde, und dem Sollwert IS für den Strom kann auf Fehler geschlossen werden. Ist die Abweichung größer als ein Schwellwert, so wird auf Fehler erkannt.

Bei dieser Ausführungsform wird das Verhältnis zwischen Tastverhältnis n und dem Spannung U wird mit einem Vergleichswert verglichen.

Hierbei wird entsprechend wie in Fig. 3 dargestellt vorgenommen. Dabei sind die Größe I durch die Größe R und die Größe RS durch die Größe I zu ersetzen.

Hierbei erfolgt eine Stromprüfung bei Kenntnis des Widerstandes.

Im stationären Betrieb, d. h. die Spannung U und der Sollstrom I nehmen konstante Werte an, stellt sich ebenfalls ein stationäres Tastverhältnis n ein. Besonders vorteilhaft ist es, wenn im stationären Betrieb das gemessene Tastverhältnis n mit den bisher gemessenen Tastverhältnis verglichen und bei einer Abweichung auf Fehler erkannt wird.

Dabei wird die Abweichung zwischen dem aktuellen Tastverhältnis und einem stationären Tastverhältnis nS bestimmt. Dies bedeutet das Tastverhältnis n wird mit einem Vergleichswert verglichen. Das stationäre Tastverhältnis nS wird vorzugsweise als Funktion der vorhergehenden Tastverhältnisse berechnet. Vorzugsweise erfolgt dies durch eine Mittelwertbildung über die Tastverhältnisse der letzten Messungen.

Eine entsprechende Ausführungsform ist in Fig. 6 dargestellt.

In einem ersten Schritt 600 wird ein Zähler mit k auf 1 gesetzt. In Schritt 610 wird das Tastverhältnis nk erfaßt. Im sich anschließenden Schritt 620 berechnet die Einrichtung das stationäre Tastverhältnis nS als Funktion f des Tastverhältnisses nk, des Tastverhältnisses nk-1, sowie weiterer Tastverhältnisse bei vorhergehenden Messungen.

Im Schritt 630 wird die Abweichung  $\Delta n$  zwischen dem aktuellen Tastverhältnis nk und dem stationären Tastverhältnis nS bestimmt. Als Abweichung  $\Delta n$  wird der Betrag der Differenz zwischen nk und nS verwendet. Die anschließende Abfrage 640 überprüft, ob die Abweichung  $\Delta n$  größer als ein Schwellwert SW ist. Ist dies der Fall, so erkennt die Einrichtung in Schritt 650 auf Fehler. Ist dies nicht der Fall, so wird in Schritt 600 der Wert nk-1 mit dem Wert k überschrieben und anschließend in Schritt 610 der neue Wert nk erfaßt.

Bei einer besonders einfachen Ausgestaltung wird ausgehend von verschiedenen Parametern ein Wert nS für das Tastverhältnis vorgegeben. Mit diesem wird das aktuelle Tastverhältnis nk verglichen. Weichen die beiden Werte um mehr als ein Schwellwert ab, so wird auf Fehler erkannt. Dies bedeutet bei der vereinfachten Ausgestaltung entfällt der Schritt 610 und in Schritt 620 wird ein fester Wert nS vorzugsweise aus einem Speicher ausgelesen.

Besonders vorteilhaft ist es, wenn die Größe K, das heißt die Nichtlinearität im Zusammenhang zwischen dem Strom I, dem Widerstand R und der Spannung U berücksichtigt wird. Dies ist insbesondere bei der Vorgehensweise gemäß Fig. 3 vorteilhaft.

Sind nichtlineare Schaltungselemente im Lastkreis enthalten, wie die Induktivität der Last L, besitzt der Strom einen nichtlinearen zeitlichen Verlauf, der in erster Linie vom Tastverhältnis und der Versorgungsspannung UB abhängt. In diesem Fall gilt die oben bereits angegeben Gleichung:

$$R = UB \cdot n \cdot K/I$$

Dabei handelt es sich bei dem Wert K um einen Korrekturfaktor. Da im Normalbetrieb der Wert des Stroms weitestgehend dem Sollwert entspricht, ist dieser bekannt. Das

Tastverhältnis n und die Versorgungsspannung UB, die dem Wert U entspricht sind in dem Mikrocontroller 110 bekannt und/oder können von ihm ausgewertet werden. Ist der Korrekturfaktor K bekannt ist der Gesamtwiderstand von jedem

5 Lastkreis berechenbar.

Erfindungsgemäß wurde erkannt, daß der Korrekturfaktor K vom Tastverhältnis n und der Versorgungsspannung UB abhängt. Die Abhängigkeit des Korrekturfaktors K von dem Tastverhältnis kann mit einer beliebigen Funktion F(n) angenähert werden. Als besonders geeignet hat sich der Logarithmus erwiesen, da er der tatsächlichen Abhängigkeit am nächsten kommt. Es gilt dabei die folgende Gleichung:

$$K = A + B \cdot F(n)$$

Dabei handelt es sich bei den Größen A und B um zu bestimmende Parameter, die von der Versorgungsspannung UB abhängen.

Ersetzt man die Funktion F(n) durch die Größe X, so gilt 20 für den Korrekturfaktor K die Gleichung.

$$K = A + B \cdot X$$

Für die Größen A und B gelten dabei die Beziehungen

$$A = m_1 \cdot UB + C_1$$

$$B =$$

$$m_2 \cdot UB + C_2$$

Bei den Größen m1, m2, C1 und C2 handelt es sich um Konstanten, die beispielsweise die folgenden Werte annehmen können.

$$m_1 = 0,0101416 \cdot \text{Uv/Volt}$$

$$m_2 = -0,101506927 \cdot \text{Uv/Volt}$$

$$C_1 = 0,94974807$$

$$C_2 = 0,3592326$$

Für den Korrekturfaktor K ergibt sich somit die Beziehung:

$$K = m \cdot UB + C_1 + (m_2 \cdot UB + C_2) \cdot F(n)$$

Der Korrekturfaktor K wird abhängig von der Versorgungsspannung UB, dem Tastverhältnis n und wenigstens einer Konstanten vorgegeben. Vorzugsweise wird für die beliebige Funktion F(n) der natürliche Logarithmus ln(n) verwendet.

Der Widerstand R des Regelkreises kann, ohne redundante Strommessung, für jeden Betriebspunkt als Funktion des Tastverhältnisses n und der Versorgungsspannung UB berechnet werden. Dies gilt insbesondere unter der Voraussetzung, daß der Ist- und Sollwert für den Strom weitgehend übereinstimmen.

$$60 R = UB \cdot n \cdot (m_1 \cdot UB + C_1 + (m_2 \cdot UB + C_2) - F(n)) / I$$

Weicht der Sollwert vom tatsächlichen Strom ab, was bei einer Fehlfunktion des Meßwiderstandes der Fall ist, kann der Widerstandswert R nicht bestimmt werden. Die Änderung des Meßwiderstandes führt zu einer gegenläufigen Änderung des berechneten Wertes. Dies kann aber zur Fehlererkennung ausgenutzt werden. Überschreitet der Wert ein Toleranzband liegt eine Fehlfunktion vor.

Sollte der natürliche Logarithmus nicht verfügbar sein, könnte die Funktion  $\ln(n)$  für den gegebenen Wertebereich durch eine Potenzreihe angenähert werden.

Ersatzweise sind die Werte von  $\ln(n)$  auch durch Interpolation der Werte einer Tabelle mit Stützstellen an den wichtigsten betriebspunkten angebar. Genügen die Schätzfunktion nicht den Genauigkeitsanforderungen, können an Stelle des Logarithmuses auch andere Funktionen verwendet werden.

Die Größen  $m_1, m_2, C_1$  und  $C_2$  für die in Frage kommenden Verbraucher können im Steuergerät gespeichert und je nach eingesetztem Typ bei Bandendeprogrammierung ausgewählt werden.

Bei Systemstromabgleich (z. B. Hybridstreuergerät) können gleichzeitig die Korrekturfaktor-Parameter geräteindividuell durch Messung von Tastverhältnis und Strom bei verschiedenen Versorgungsspannungen ermittelt und im SG gespeichert werden.

## Patentansprüche

10

che, dadurch gekennzeichnet, daß ein Nichtlinearität im Zusammenhang zwischen dem Stromwert, einem Widerstandswert und der Spannung mittels eines Korrekturfaktors  $K$  berücksichtigt wird.

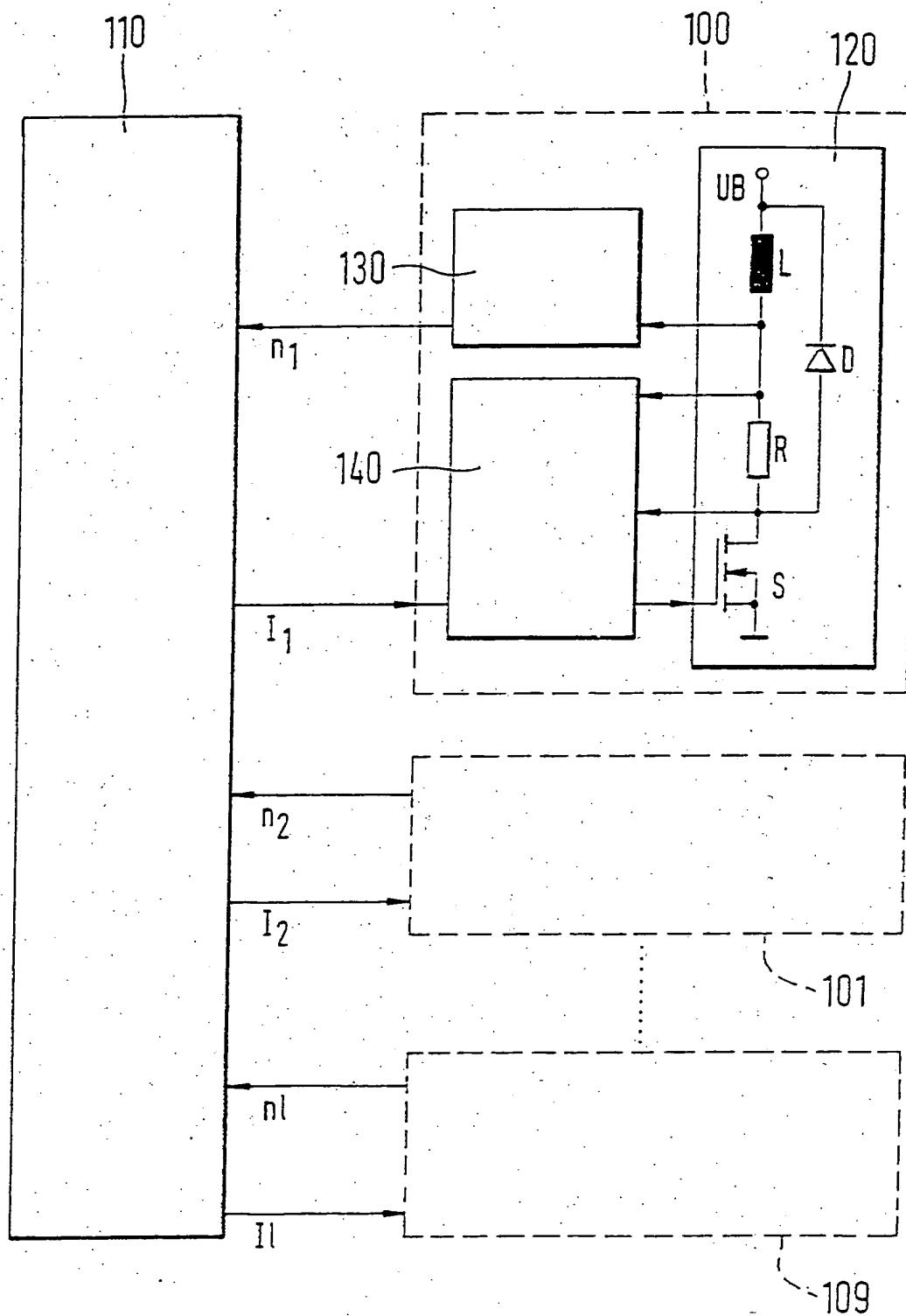
10. Verfahren nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß der Korrektrufaktor gemäß der Gleichung  $K = UB \cdot n \cdot (m_1 \cdot UB + C_1 + (m_2 \cdot UB + C_2) \cdot F(n)) / I$  berechnet wird, wobei es sich bei den Größen  $m_1, m_2, C_1, C_2$  um Konstanten bei  $UB$  um den Spannungswert und  $n$  um das Tastverhältnis handelt.

11. Vorrichtung zur Überwachung wenigstens einer Stromregelstufe für elektrische Verbraucher, die wenigstens ein Schaltmittel und einen Stromregler umfaßt, wobei der Verbraucher von einem durch ein Tastverhältnis bestimmten Strom durchflossen wird, daß der Stromregler den Strom auf einen Sollwert eingeregt, dadurch gekennzeichnet, daß Mittel vorgesehen sind, die zur Überwachung der Stromregelstufe das Verhältnis zwischen dem Tastverhältnis und dem Sollwert bilden und mit einem Vergleichswert vergleichen.

Hierzu 4 Seite(n) Zeichnungen

1. Verfahren zur Überwachung wenigstens einer Stromregelstufe für einen elektrischen Verbraucher, die wenigstens ein Schaltmittel und einen Stromregler umfassen, wobei die Verbraucher von einem durch ein Tastverhältnis bestimmten Strom durchflossen werden, daß der Strom vom Stromregler auf einen Sollwert einregelbar ist, **dadurch gekennzeichnet**, daß zur Überwachung das Tastverhältnis und/oder eine aus dem Tastverhältnis abgeleitete Größe mit einem Schwellwert verglichen und bei einer Abweichung auf Fehler erkannt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß ein Verhältnis zwischen dem Tastverhältnis und dem Sollwert gebildet und mit einem Vergleichswert verglichen wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß ausgehend von dem Tastverhältnis und der Spannung ein Stromwert bestimmt und mit einem Vergleichswert verglichen wird.
4. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Vergleichswert ausgehend von wenigstens dem Verhältnis zwischen dem Tastverhältnis und dem Sollwert wenigstens einer der übrigen Stromregelstufen vorgegeben wird.
5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Vergleichswert ausgehend von den Tastverhältnissen und den Sollwerten aller übrigen Stromregelstufen vorgegeben wird.
6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Vergleichswert ausgehend von dem Verhältnis aus der Summe der Ausgangstastverhältnisse aller Stromregelstufen und der Summe der Stromsollwerte aller Stromregelstufen vorgegeben wird.
7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Vergleichswert ausgehend von dem Verhältnis aus der Summe der Ausgangstastverhältnisse aller Stromregelstufen und der Summe der Stromsollwerte aller Stromregelstufen mit Ausnahme der Werte der zu prüfenden Stromregelstufe vorgegeben wird.
8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das Tastverhältnis abhängig von dem Vergleich zwischen dem Sollwert für den Strom und einem Istwert für den Strom, der durch den Verbraucher fließt, vorgebbar ist.
9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,

Fig. 1



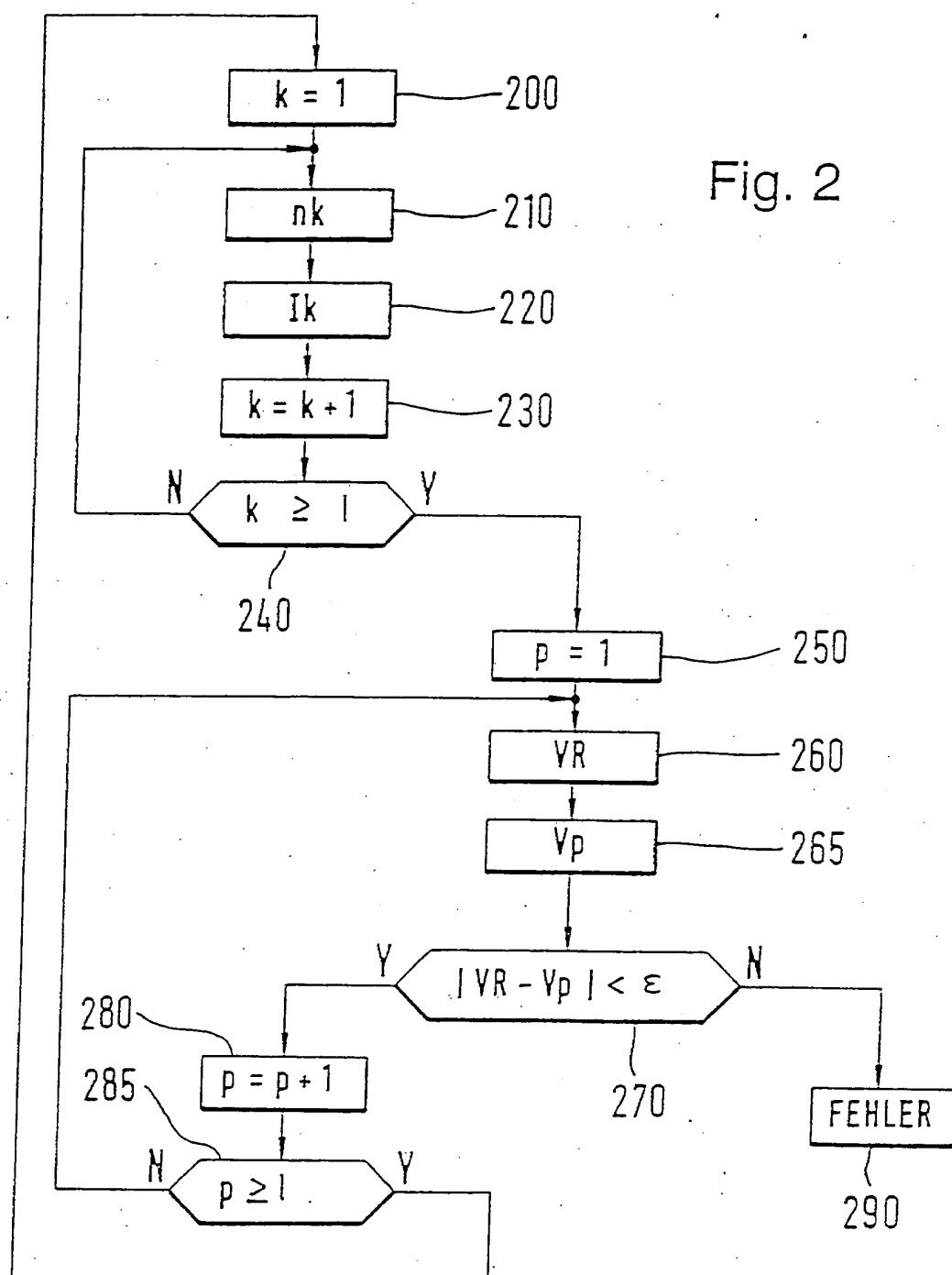


Fig. 2

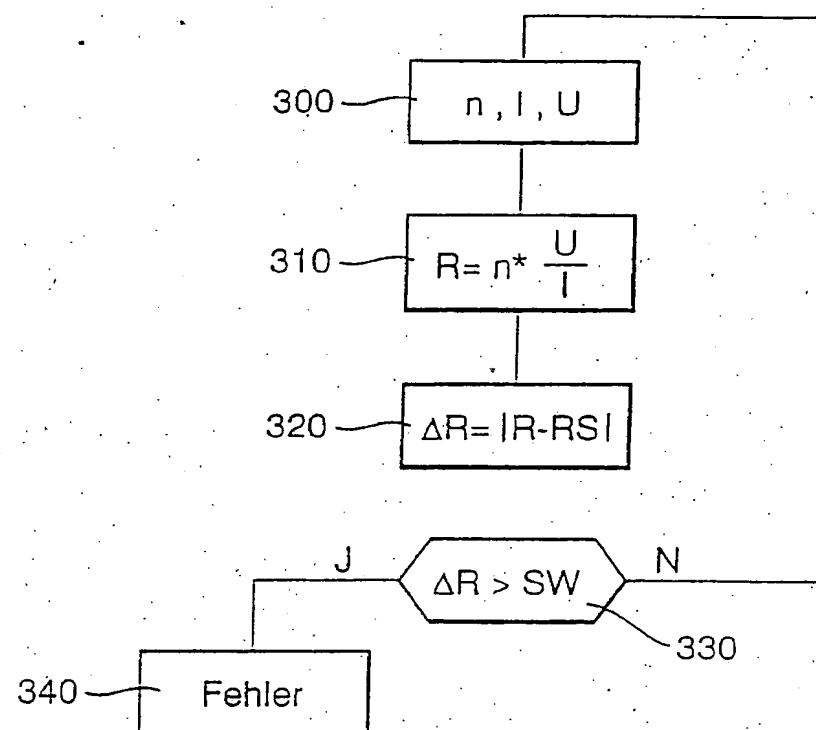


Fig. 3

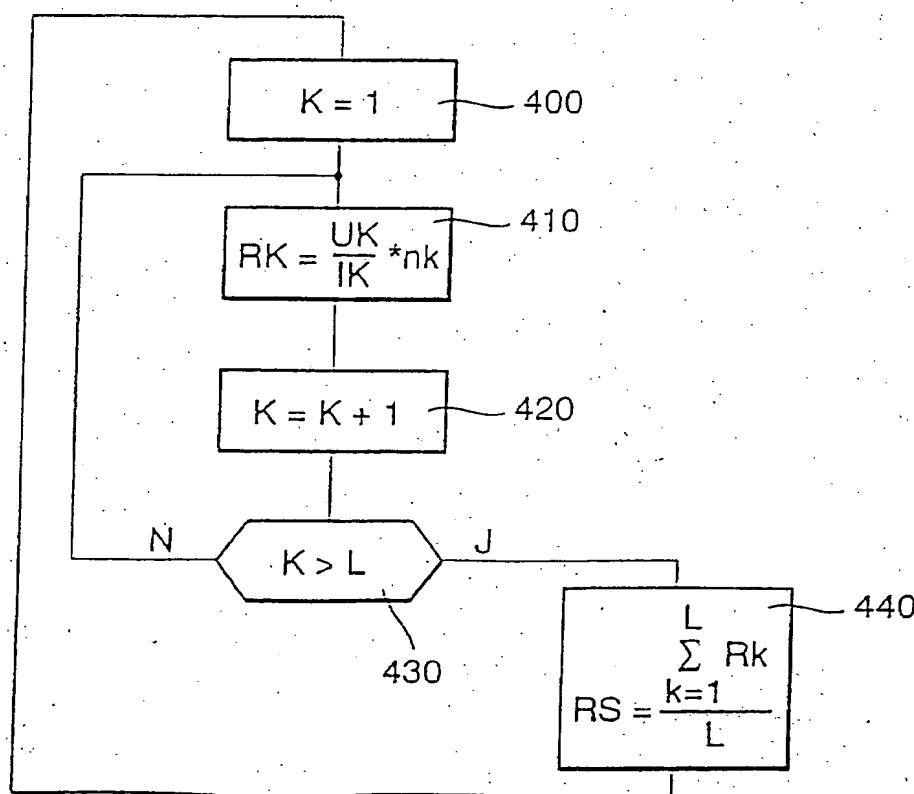


Fig. 4

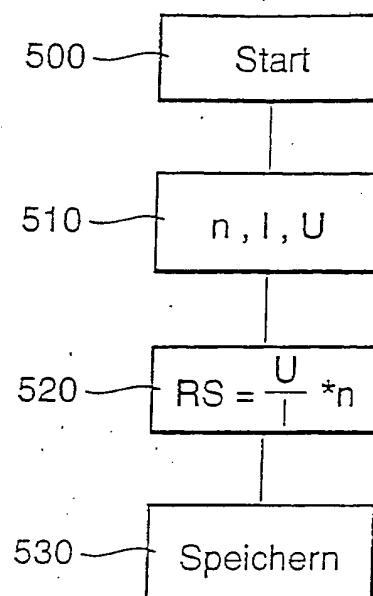


Fig. 5

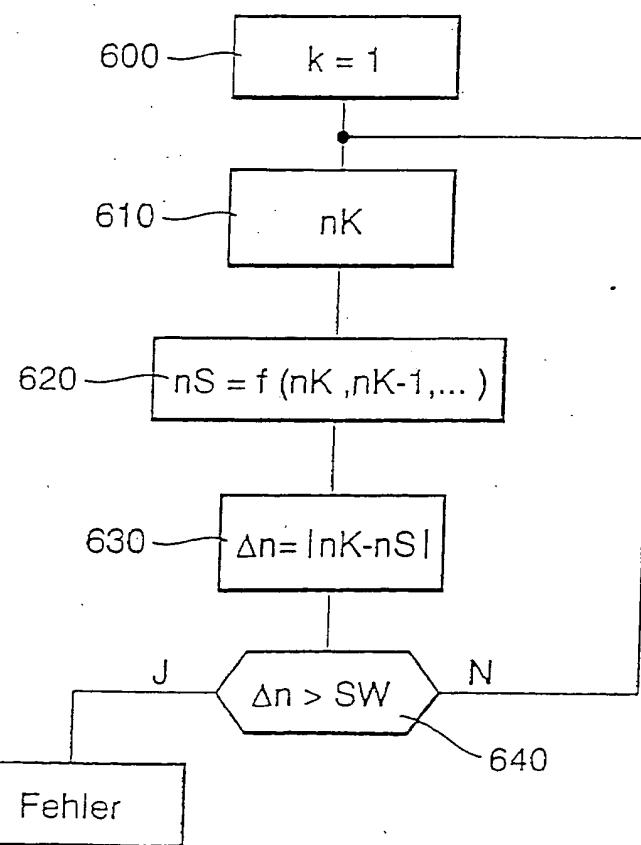


Fig. 6